



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CURSO: AGRONOMIA**

**RELAÇÃO ENTRE CARBONO ORGÂNICO TOTAL, GLOMALINA  
E ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM NEOSSOLO LITÓLICO**

**CAMILO DANTAS CAMPOS**

Areia/PB

2018

CAMILO DANTAS CAMPOS

**RELAÇÃO ENTRE CARBONO ORGÂNICO TOTAL, GLOMALINA  
E ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM NEOSSOLO LITÓLICO**

Trabalho apresentado ao  
Curso de Agronomia do  
Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade  
Federal da Paraíba  
(UFPB) – Campus II,  
como requisito básico para  
obtenção do título de  
Agrônomo.

**ORIENTADOR: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> VÂNIA DA SILVA FRAGA**

**CO-ORIENTADOR: Dr.<sup>o</sup> GEORGE RODRIGUES LAMBAIS**

Areia/PB

2018

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

C198r Campos, Camilo Dantas.

Relação entre carbono orgânico total, glomalina e estabilidade de agregados em Neossolo Litólico / Camilo Dantas Campos. - Areia: UFPB/CCA, 2018.  
xi, 32 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

Bibliografia.

Orientadora: Vânia da Silva Fraga.

1. Solo – a 2. Neossolo – a 3. – a I. Fraga, Vânia da Silva (Orientadora) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.4

**CAMILO DANTAS CAMPOS**

RELAÇÃO ENTRE CARBONO ORGÂNICO TOTAL, GLOMALINA E  
ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM NEOSSOLO LITÓLICO

Aprovado em:

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Profª Drª Vânia da Silva Fraga

DSER/CCA/UFPB

Orientadora

---

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias

DSER/CCA/UFPB

Examinador

---

Eng. Agr. Cássio R. Gonçalves da Costa

PPGCS/UFPB

Examinador

## DEDICATÓRIA

*À minha família e amigos,  
especialmente à minha mãe, Nancy,  
minha avó Pilly (In memoriam)  
e avô Belizário (In memoriam).*

## **AGRADECIMENTOS**

*À professora, orientadora e mãe de coração Dr<sup>a</sup> Vânia da Silva Fraga pelo acolhimento, amizade, paciência e, sobretudo por acreditar no meu potencial.*

*Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA), em especial ao Dr<sup>o</sup> George Lambais por toda a ajuda na co-orientação e nas análises do trabalho.*

*À Universidade Federal da Paraíba, em específico ao Centro de Ciências Agrárias, por proporcionar a realização do curso de Agronomia e a todos os professores que fizeram parte desta jornada de aprendizado, em especial ao Professor Dr. Bruno Dias e Dr. Raphael Beirigo pelos ensinamentos e atenção nos momentos cruciais.*

*Ao Banco de Solos de referência da Paraíba “Marielza Rodrigues da Silva” pela descrição morfológica do solo da área.*

*Ao futuro Dr. em Ciência do Solo Ewerton Abrantes pela ajuda, paciência e esclarecimentos. À futura Dr<sup>a</sup> Kalline de Almeida por toda a ajuda nesses anos de graduação. Ao futuro Msc. Cássio Gonçalves pela ajuda durante o trabalho.*

*Ao laboratório de Física do Solo, especialmente ao laboratorista Roberval (Vaval). Aos amigos de trabalho do laboratório de Matéria Orgânica do Solo, em especial aos futuros doutores Tiago e Renato e as futuras Agrônomas Marianne e Júlia.*

*À turma 2013.1 de agronomia. À todos os amigos que fiz em Areia, em especial Kayo, Emmanuel, Júlio, Ingrid e Ney (entre outros igualmente especiais) e aos que ficaram em Natal (Raoni, João, Karenina, Daniel Garça, Matheus, Leonel, Diogo).*

*Aos amigos do Cond. Rita Silva, Alinne, Katerine, Léa, Ykezaky e Heider por tornar os dias mais agradáveis durante a estadia em Areia.*

*À minha companheira de curso e de vida Beatriz, por toda a ajuda, paciência, carinho e atenção durante todos esses anos e à minha querida Mãe por tudo.*

**MUITO OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

1. RESUMO.....	7
2. ABSTRACT.....	8
3. INTRODUÇÃO.....	9
4. OBJETIVOS.....	11
4.1. Objetivo Geral.....	11
4.2. Objetivos Específicos.....	11
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
5.1. Região Semiárida.....	12
5.2. Neossolo Litólico.....	12
5.3. Estrutura do Solo.....	13
5.4. Agregação e Estabilidade de Agregados do Solo.....	13
5.5. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA's).....	14
5.6. Glomalina.....	15
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
6.1. Área de Estudo.....	17
6.2. Amostragem.....	17
6.2.1. Glomalina Facilmente Extraível (GFE).....	18
6.2.2. Carbono Orgânico Total (COT).....	18
6.2.3. Estabilidade de Agregados.....	19
6.2.3.1. Peneiramento Úmido.....	20
6.2.3.2. Peneiramento Seco.....	20
6.2.3.3. Diâmetro Médio Ponderado dos Agregados.....	20
6.2.3.4. Índice de Estabilidade de Agregados.....	21
6.3. Análise Estatística.....	21
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
8. CONCLUSÕES.....	25
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
10. APÊNDICES.....	29

CAMPO, C. D. **Relação entre carbono orgânico total, glomalina e estabilidade de agregados em Neossolo Litólico**. Areia: UFPB, 2018. 32 f. (Monografia – Curso de Agronomia).

## **RESUMO**

A estrutura do solo é mantida pela agregação das partículas minerais e orgânicas, onde a matéria orgânica e os teores de glomalina se destacam como fatores que interferem na estabilidade desses agregados. Conhecer os estoques de glomalina em diferentes ecossistemas pode ajudar a compreender melhor a dinâmica dessa proteína no solo e a sua contribuição na agregação do solo. O objetivo do presente trabalho foi estimar e correlacionar os teores de carbono orgânico total (COT), glomalina facilmente extraível (GFE) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) em área de Neossolo Litólico sob vegetação de caatinga. Foram selecionadas duas áreas, uma sob vegetação de caatinga arbórea e outra arbustiva, foram coletadas 18 amostras simples de um Neossolo Litólico (9 amostras por área x duas áreas) e analisadas quanto aos teores de carbono orgânico, glomalina e estabilidade de agregados. Os maiores teores de carbono orgânico total foram encontrados na área sob vegetação de caatinga arbórea. Já os teores de glomalina facilmente extraível foram semelhantes nas áreas. O índice de estabilidade de agregados foi maior na área sob vegetação de caatinga arbustiva. O carbono orgânico total correlacionou-se positivamente com a glomalina facilmente extraível, independente da cobertura vegetal. O índice de estabilidade de agregados não se correlacionou com o carbono orgânico total, e nem com a glomalina facilmente extraível.

**Palavras chave:** Semiárido, caatinga, ensaio Bradford.



CAMPOS, D. C. **Relationship between total organic carbono, glomalina and aggregate stability in Neossolo Litólico.** Areia: UFPB, 2018. 32 p. (Academic work – Major Agriculture).

## **ABSTRACT**

The soil structure is maintained by the aggregation of mineral and organic particles, where organic matter and glomalin levels stand out as factors that interfere in the stability of these aggregates. Knowing the stocks of glomalin in different ecosystems can help to better understand the dynamics of this protein in the soil and its contribution to soil aggregation. The objective of the present work was to estimate and correlate the total organic carbon (TOC), easily extractable glomalin (EEG) and the aggregate stability index (ASI) in the area of Neossolo Litólico under caatinga vegetation. Two areas, one under arboreal and other shrub vegetation, were selected, 18 single samples of one Neossolo Litólico were collected (9 samples per area x two areas) and analyzed for organic carbon, glomalin and aggregate stability. The highest levels of total organic carbon were found in the area under arboreal vegetation. On the other hand, glomalin extractable contents were similar in the areas. The aggregate stability index was higher in the area under shrub caatinga vegetation. The total organic carbon correlated positively with the glomalina easily extractable, independent of the vegetal cover. The aggregate stability index did not correlate with the total organic carbon, nor with easily extractable glomalin.

**Key-words:** Semi-arid, caatinga, test Bradford.

## 1. Introdução

A estrutura do solo é mantida pela agregação das partículas minerais e orgânicas, onde a matéria orgânica se destaca como fator que interfere na estabilidade desses agregados, tornando o carbono orgânico um indicativo de qualidade física do solo (Corado Neto et al., 2015). A agregação é importante na manutenção de aspectos como porosidade e aeração, infiltração, movimentação e retenção de água, controle de processos erosivos e crescimento de microrganismos (Bastos et al., 2005). Além disso, os agregados protegem fisicamente e quimicamente a matéria orgânica do solo, reduzindo o processo de mineralização e contribuindo no armazenamento de carbono (Rillig et al., 1999). Os agregados do solo podem sofrer alterações diretas de acordo com o tipo de manejo ou indiretas, através fatores bióticos e abióticos que possam afetar a sua estabilidade, sendo dessa forma um parâmetro que serve de indicador físico de qualidade de solo (Barto et al., 2010).

A formação e estabilização dos agregados estão também ligados à ação dos fungos que através do crescimento de hifas e secreção de substâncias, em especial a glomalina, contribui nesse processo. As comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMA's) são características de cada fitofisionomia e podem ser alteradas por variações sazonais, sendo a sazonalidade um dos principais fatores que afetam a comunidade desses organismos influenciando na produção de glomalina e consequentemente nas concentrações de carbono no solo (Nobre, 2014).

A glomalina é uma glicoproteína de natureza hidrofóbica e recalcitrante. Sua presença no solo favorece a estabilidade de agregados, o sequestro de metais pesados, e o estoque de C e N. Ela atua como agente cimentante na formação e estabilidade de agregados (Wright & Upadhyaya, 1998) o que contribui com melhorias nos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo melhorando a porosidade, a capacidade de

infiltração e retenção de água, os teores de matéria orgânica (Rillig et al., 1999). Conhecer os estoques de glomalina em diferentes ecossistemas pode ajudar a compreender melhor sua dinâmica (Sousa et al., 2012) e suas relações com a estabilidade dos agregados e com os estoques de carbono do solo, principalmente em solos pouco desenvolvidos, como os predominantes na região Semiárida.

A região Semiárida da Paraíba apresenta grande diversidade de classes de solos e cobertura vegetal. De acordo com mapeamento baseado em cobertura vegetal e classes de solo, a maior parte do semiárido paraibano apresenta sensibilidade à desertificação (Sá et al., 2013), onde as principais causas são o desmatamento e o uso intensivo do solo (agricultura e pecuária) que aumentam a erosão e deterioram as propriedades do solo. Devido à má conservação de solos no Estado da Paraíba, recomenda-se o emprego de práticas conservacionistas de solo (Zonta et al., 2012; Souza et al., 2015).

Os Neossolos, classe que predomina na região semiárida, são solos minerais pouco desenvolvidos com ausência do horizonte B diagnóstico (Embrapa 2014). Dentre os Neossolos, os Litólicos são solos potencialmente limitados por serem rasos e comumente pedregosos e rochosos. Apresentam fertilidade variada, a depender do material de origem e a perda de solo por erosão é naturalmente muito alta, sendo agravada quando removida a vegetação original (Embrapa 2014) e ocasionando a deterioração da estrutura do solo (Corado Neto et al., 2015).

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo Geral**

Estimar e correlacionar os teores de carbono orgânico total (COT), glomalina facilmente extraível (GFE) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) em área de Neossolo Litólico sob vegetação de caatinga.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Quantificar o carbono orgânico total através do método de oxidação-difusão.

Extrair a glomalina facilmente extraível através da metodologia de Wright & Upadhyaya (1998) e quantificar pelo ensaio de Bradford.

Determinar o índice de estabilidade de agregados utilizando a metodologia descrita pela Embrapa.

### **3. Revisão Bibliográfica**

#### **3.1. Região Semiárida**

O Semiárido é caracterizado por temperaturas elevadas (23°C a 27°C) e regime pluviométrico irregular. Ocupa uma região com aproximadamente 982 mil km<sup>2</sup> de área. O bioma que predomina na região semiárida é a Caatinga (Angelotti et al., 2009).

O Semiárido paraibano apresenta grande diversidade de classes de solos e cobertura vegetal. A maioria desses solos apresenta sensibilidade à desertificação em nível acentuado e severo (Sá et al., 2013). Devido à má conservação de solos no Estado da Paraíba, recomenda-se o emprego do manejo conservacionista de solo (Zonta et al., 2012).

#### **3.2. Neossolo Litólico**

Ocorrendo em toda a região semiárida, os Neossolos são solos minerais pouco desenvolvidos com ausência do horizonte B diagnóstico. São solos rasos e geralmente pedregosos, apresentando contato lítico dentro de 50 cm de profundidade. Possui pequena profundidade efetiva e pequena capacidade de armazenamento de água, pedregosidade e rochosidade generalizada e alta suscetibilidade à erosão (Embrapa 2014).

São solos potencialmente limitados por serem rasos ou muito rasos e comumente pedregosos e rochosos. Apresentam fertilidade variada, a depender do material de origem. A perda de solo por erosão é naturalmente muito alta, sendo agravada quando removida a vegetação original (Embrapa 2014).

### **3.3. Estrutura do Solo**

A estrutura do solo influencia na sua funcionalidade, na capacidade de manter vida animal e vegetal, acabando por controlar a qualidade ambiental especialmente o sequestro de C, fluxos de gases e nutrientes e qualidade da água (Borie et al., 2008).

O que compõe a estrutura do solo são os agregados. Eles são cruciais para a manutenção da porosidade e aeração do solo, crescimento vegetal e microbiano, infiltração de água e ainda ajuda no controle de processos erosivos (Bastos et al., 2005).

### **3.4. Agregação e Estabilidade de Agregados do Solo**

Define-se a agregação como sendo a união entre partículas (matéria orgânica, areia, silte e argila) na unidade estrutural do solo, o agregado. A sua estabilidade é caracterizada como sendo a resistência a uma ação mecânica degradante, em particular da água (Chaves & Calegari, 2001).

O processo de agregação do solo é dinâmico e complexo, podendo ser influenciado pela interação de diversos fatores como componentes ambientais e propriedades do solo (Borie et al., 2008). Tal processo de agregação pode sofrer alterações diretamente pelo manejo ou, indiretamente, por fatores bióticos e abióticos que afetam sua estabilidade (Barto et al., 2010). Portanto é uma característica considerada indicadora física de qualidade dos solos (Salton et al., 2012).

O crescimento das raízes mais finas e das hifas de fungos vai formando uma rede que se entrelaça unindo microagregados e pequenos macroagregados, originando e estabilizando macroagregados maiores. Os macroagregados possuem natureza biológica e sua estabilidade é dependente do constante acréscimo de resíduos vegetais. Esses resíduos

como as raízes finas e hifas dos fungos são responsáveis pela estabilidade dos macroagregados (Silva & Mielniczuk, 1997a).

As relações entre estabilidade de agregados e glomalina apresentaram alta correlação, o que leva a confirmação da contribuição desta proteína para a agregação do solo (Wright & Upadhyaya, 1998; Rillig & Steinberg, 2002).

### **3.5. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA's)**

Os FMAs exsudam compostos orgânicos que irão formar uma trama pegajosa que une as partículas individuais (minerais e orgânicas) do solo e microagregados dando origem a macroagregados que contribuem para a formação e estabilidade da estrutura do solo (González-Chavez et al., 2004; Borie et al., 2008).

Os FMAs podem se associar com grande parte das raízes de plantas, formando a micorriza arbuscular. Essa associação pode ser detectada em raízes na maioria dos ambientes terrestres naturais, como também em agroecossistemas e áreas degradadas. Esses fungos são importantes para a manutenção da estrutura do solo além de servirem de reserva de nutrientes (González-Chavez et al., 2004). Rillig & Steinberg (2002) acreditam que a produção de glomalina pelos fungos pode ser uma estratégia para melhoria das condições físicas do meio. Os autores observaram que em solo pouco agregado, com partículas pequenas, há uma diminuição na longitude das hifas em comparação com solos mais agregados, com partículas de maior tamanho. O rendimento de glomalina é maior quando o fungo se desenvolve em meio a partículas pequenas, no solo pouco agregado.

A sazonalidade um dos principais fatores que afetam a comunidade fungos micorrízicos arbusculares (FMA's) influenciando na produção de glomalina e conseqüentemente nas concentrações de carbono no solo (Nobre, 2014). Conhecer os estoques de glomalina em diferentes ecossistemas pode ajudar a compreender melhor sua dinâmica (Sousa et

al., 2012) e suas relações com a estabilidade dos agregados e com os estoques de carbono do solo.

### 3.6. Glomalina

A glomalina participa da agregação de partículas do solo (Rillig et al., 2002) através da secreção que as hifas liberam nas raízes colonizadas e no solo e, protegendo os agregados contra processos de secagem e umedecimento excessivos, devido ao caráter hidrofóbico da substância (González-Chavez et al., 2004).

É uma glicoproteína imunorreativa recalcitrante, compõe a parede celular das hifas e se acumula no solo após a decomposição. Essa molécula possui alta relação com a estabilidade de agregados e estoque de C no solo devido à sua produção abundante, aderência às partículas do solo, aparente recalcitrância e características hidrofóbicas (Sousa et al., 2011). A glomalina possui de 28 a 42% de carbono em sua composição e 3 a 5,3% de nitrogênio (Lovelock et al., 2004).

Sua função exata ainda não foi esclarecida, mas é inegável que essa proteína tem ação cimentante estável que reduz a quebra de macroagregados durante os eventos de umedecimento e secagem do solo (González-Chávez et al., 2004). Diversos trabalhos vêm demonstrando a existência de alta correlação entre a quantidade de glomalina no solo e a estabilidade de agregados com o carbono orgânico (Wright & Upadhyaya, 1998; Rillig & Steinberg, 2002). No entanto, praticamente inexistem informações para a combinação do solo com a vegetação da região Semiárida.

Nobre et al. (2015) encontrou em seu estudo, na FLONA Araripe-CE em Latossolo Vermelho-Amarelo, teor de carbono orgânico  $51 \text{ g kg}^{-1}$  e glomalina facilmente extraível  $0,023 \text{ mg g}^{-1}$  além de alta correlação entre a glomalina e a agregação do solo. Em revisão feita por Sousa (2012), verificaram-se trabalhos apontando o carbono orgânico como bom indicador de glomalina em solos como também a existência de



correlação positiva entre essas variáveis. Observou-se em áreas agrícolas concentrações de  $0,5 \text{ mg g}^{-1}$  de glomalina facilmente extraível, em regiões semiáridas  $0,3$  a  $0,6 \text{ mg g}^{-1}$  e em floresta até  $60 \text{ mg g}^{-1}$  da glomalina no solo.

## **4. Material e Métodos**

### **4.1. Área de estudo**

O estudo foi realizado na área da Estação experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, localizada no município de Campina Grande/PB. A classificação climática da região é caracterizada como Aw segundo Köppen, apresentando clima tropical com estação seca de inverno. A temperatura média anual é de 22,9°C, com precipitação pluviométrica média de 765 mm/ano e altitude média de 555 metros em relação ao nível do mar. O solo predominante da região é classificado como Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário, A moderado, textura média muito cascalhenta. Segundo a classificação fisionômico-ecológica a vegetação é uma savana estépica (caatinga hiperxerófila), caracterizada pela dupla estacionalidade. A área selecionada passa por um processo de recuperação a pelo menos 30 anos, antes disso era usada na criação de gado.

### **4.2. Amostragem**

Os pontos de coleta foram estabelecidos ao longo de um transecto no ambiente de estudo, sendo seis pontos ao total. A área 1 corresponde aos três primeiros pontos de coleta (P1, P2 e P3) sendo caracterizada pela vegetação de porte arbóreo e por elevada pedregosidade superficial. A área 2 corresponde aos três últimos pontos de coleta (P4, P5 e P6) sendo caracterizada pela vegetação de porte arbustivo e superfície menos pedregosa. No mês de novembro, durante o período seco do ano, foi realizada a coleta de solo na área de vegetação em recuperação para determinação da estabilidade de agregados, carbono orgânico total (COT) e glomalina facilmente extraível (GFE). A cada 30 metros do transecto foram coletadas três amostras simples de solo, na profundidade de 0–10

cm. Sendo 3 amostras simples em cada um dos seis pontos de coleta, totalizando dezoito amostras de solo.

As coletas foram realizadas com o auxílio de uma chibanca, um ferro de cova, uma marreta de borracha, uma trena, filme plástico PVC e sacos plásticos. Tentou-se coletar o mesmo volume de solo em todos os pontos (0,15 x 0,1 x 0,1 m) procurando-se manter os torrões de solo conservados.

Todas as amostras foram passadas em peneira de 9,52 mm para a retirada de pedras grandes. Separou-se sub-amostras que foram armazenadas em condições de refrigeração a pelo menos 4 graus para as análises da glomalina.

#### **4.2.1. Glomalina Facilmente Extraível**

A extração de glomalina facilmente extraível foi realizada seguindo a metodologia de WRIGHT & UPADHYAYA (1998) adaptada que consiste na pesagem de 1 g de solo em tubos Falcon com capacidade para 15 ml. Adicionando-se 8 ml de citrato de sódio 20 mM (pH 7) a cada tubo que em seguida são autoclavados por 30 minutos a 120°C. Após as amostras esfriarem, estas foram centrifugadas a 4000 rpm por 18 minutos, a contagem de tempo se deu a partir do momento que a centrífuga atingiu a rotação desejada. A quantidade de glomalina foi determinada pelo ensaio de Bradford (BRADFORD, 1976), usando albumina de soro bovino como padrão e a leitura feita em absorbância no espectrofotômetro a comprimento de onda 595 nm.

#### **4.2.2. Carbono Orgânico Total**

O carbono orgânico total foi determinado por oxidação-difusão (Snyder e Trofymow, 1984). As amostras de solo seco ao ar passadas em peneiras de 2mm foram maceradas e peneiradas novamente, desta vez em

peneira de 100 mesh. Para análise de carbono foram preparadas amostras simples de cada área, totalizando 18 amostras. Pesou-se 0,5 g de solo e transferidos para tubos de vidros especiais tampados. Adicionou-se depois 1 g de dicromato de potássio e 25 ml de solução digestora composta de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{H}_3\text{PO}_4$  na proporção de 3:2. Imediatamente depois, para evitar perdas de  $\text{CO}_2$  foi introduzido um tubete contendo 2,2 mL de NaOH 1N. Os tubos foram fechados e colocados em placa digestora por 2 horas e a  $120^\circ\text{C}$ . Depois de retirados da placa, respeitou-se o tempo mínimo de 12 horas onde os tubos permaneceram fechados. Após esse período, procedeu-se a neutralização do NaOH com HCl 0,05 N até o pH de 8,3. Depois de aferida a bureta, foi realizada a titulação até pH 3,7, anotando-se o valor de HCl gasto. Os teores de carbono total foram calculados pela seguinte expressão.

$$C \text{ (g kg}^{-1}\text{)} = \frac{(A-B) \times N \times P_a}{M}$$

Onde:

A = HCl gasto na titulação (pH 8,3 – 3,7) do  $\text{CO}_2$  proveniente da amostra do solo (mL);

B = HCl gasto na titulação (pH 8,3 – 3,7) da amostra em branco (mL)

N = normalidade do HCl usado na titulação das amostras (0,05N);

$P_a$  = peso atômico do C (12);

M = massa do solo (g).

#### **4.2.3. Estabilidade de Agregados**

A estabilidade dos agregados foi determinada utilizando o método descrito pela Embrapa Agropecuária Oeste (2012), consistindo na separação dos agregados em classes de tamanho, pela dispersão e peneiramento via seca e via úmida. Ao final se obteve um índice de

estabilidade de agregados, conforme a fórmula desenvolvida por SILVA & MIELNICZUK (1997b).

#### **4.2.3.1. Peneiramento Úmido**

Para essa etapa foi utilizada uma amostra para cada área de coleta. As amostras foram umedecidas durante 24 horas e em seguida colocadas em conjunto de peneiras com abertura de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,106 mm. O conjunto de peneiras foi levado ao aparelho de oscilação vertical de Yooder, máquina de peneiramento úmido, pelo tempo de 15 minutos.

Depois das amostras passarem por esse processo todo material retido em cada peneira foi acondicionado em recipientes de metal e levados à estufa (105°C) até atingirem peso constante para depois serem pesados em balança.

#### **4.2.3.2. Peneiramento Seco**

Assim como no peneiramento úmido foram utilizadas amostras de 25g de solo representando cada área de coleta. Cada amostra foi colocada em conjunto de peneiras com aberturas de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,106 mm acopladas a um agitador mecânico vibratório, durante o período de 1 minuto. O conteúdo retido em cada peneira foi então acondicionado em recipientes de metal e pesados em balança.

#### **4.2.3.3. Diâmetro Médio Ponderado de Agregados**

Os dados gerados pelas etapas de peneiramentos foram usados para calcular o diâmetro médio ponderado utilizando a equação:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

Onde, DMP = diâmetro médio ponderado de agregados (mm);

$w_i$  = proporção de cada classe em relação ao peso total (%);

$x_i$  = diâmetro médio das classes (mm).

#### 4.2.3.4. Índice de Estabilidade de Agregados

O índice de estabilidade de agregados foi obtido usando-se a fórmula de Silva & Mielniczuk (1997a):

$$IEA = \frac{DMP_u}{DMP_s}$$

Onde, IEA = índice de estabilidade de agregados;

DMP<sub>u</sub> = diâmetro médio ponderado de agregados obtido no peneiramento úmido (mm);

DMP<sub>s</sub> = diâmetro médio ponderado de agregados no peneiramento seco (mm).

### 4.3. Análise estatística

Os resultados passaram por teste de correlação entre as variáveis analisadas. Aplicou-se um teste T, a 5% de probabilidade, para comparação das médias entre as duas áreas (Área 1 e Área 2).

O programa estatístico utilizado foi o SISVAR®.

## 5. Resultados e Discussão

Os teores de COT encontrados no presente trabalho foram 80% mais baixos em relação ao encontrado por Nobre (2015) na FLONA Araripe em Latossolo Vermelho-Amarelo ( $51 \text{ g kg}^{-1}$ ). Para COT pode-se observar que as médias diferiram estatisticamente (Tabela 4), sendo a maior média encontrada na Área 1. O resultado pode ser explicado devido ao fato da vegetação ser de porte arbóreo e aportar mais material orgânico no solo, ao contrário da Área 2 que está sob vegetação arbustiva, que aporta menos material orgânico.

Os teores de glomalina foram diferentes do encontrado por Nobre (2015) e embora tenham sido dez vezes maiores, nas duas Áreas, não houve relação com a agregação (Figura 2). Provavelmente os valores foram diferentes porque os solos da FLONA Araripe era Latossolo Vermelho-Amarelo, com  $454 \text{ g Kg}^{-1}$ , e o do presente trabalho um Neossolo Litólico. Rillig & Steinberg (2002) observaram que o tamanho longitudinal das hifas diminui quando os fungos se desenvolvem em meio a partículas pequenas. Sendo o Neossolo um solo jovem e em formação, as partículas são maiores em relação a um Latossolo que é bastante intemperizado e possui partículas menores. As médias da Área 1 e Área 2 para GFE não apresentaram diferença significativa (Tabela 4).

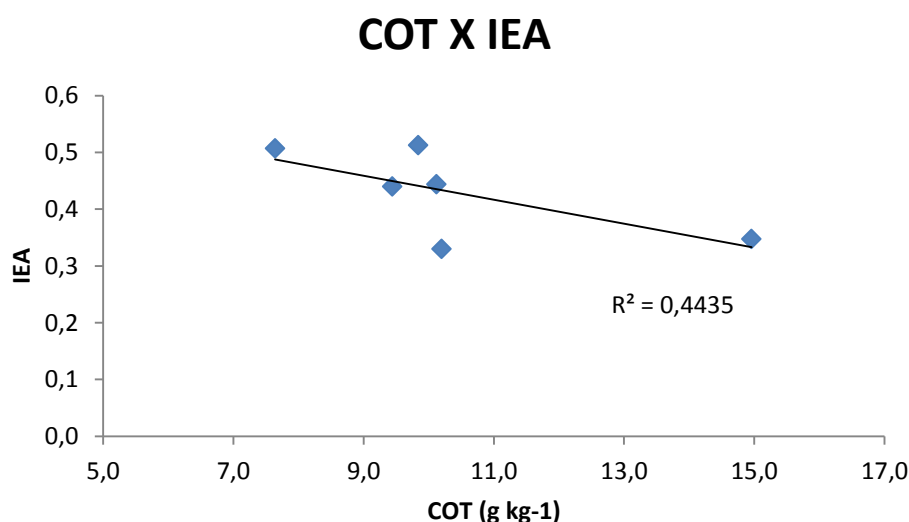
**Tabela 4.** Diferença entre as médias das áreas para cada parâmetro analisado: Carbono Orgânico Total (COT), Glomalina Facilmente Extraível (GFE) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA).

	COT ( $\text{g kg}^{-1}$ )	GFE ( $\text{mg g}^{-1}$ )	IEA
Área 1	11,76 a	0,24 a	0,37 b
Área 2	8,97 b	0,22 a	0,48 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste T a 5% de probabilidade.

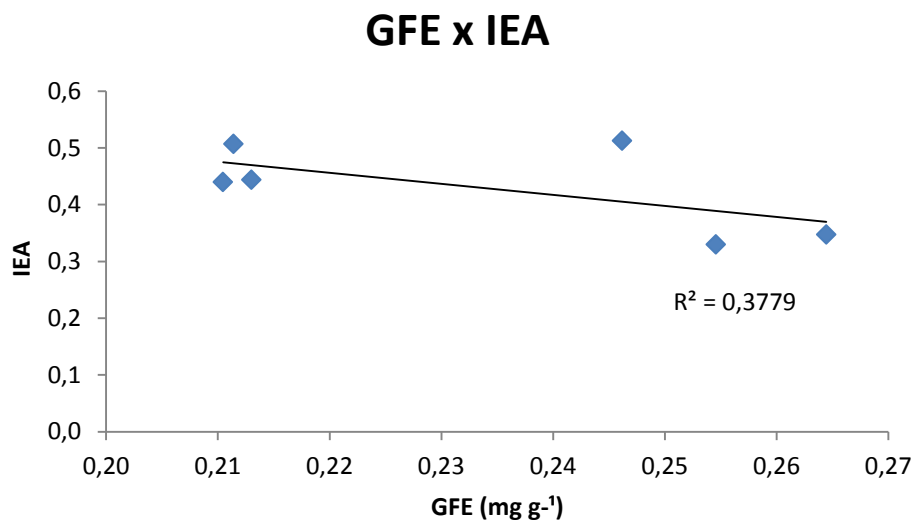
Ao observar o IEA, nota-se que as médias diferiram estatisticamente, sendo menor na Área 1. Isso pode ser atribuído ao fato de haver maior pedregosidade superficial, partículas de solo maiores, características dos Neossolos. Tais resultados implicam dizer que o solo tem pouca resistência às ações mecânicas e, portanto são mais facilmente erodidos. Já na Área 2, a estabilidade dos agregados é maior, resultando em uma maior resistência à erosão.

Assim como Wright & Upadhyaya (1998), Rillig & Steinberg (2002) e Nobre et al. (2015) encontraram em seus trabalhos, que as variáveis Carbono Orgânico Total (COT) e Glomalina Facilmente Extraível (GFE) apresentaram correlação positiva e significativa (Figura 3). Isso pode ser devido ao fato da glomalina conter de 30 a 40% de carbono em sua composição (Lovelock 2004), porém não é possível dizer qual variável interfere na outra por se tratar de uma simples análise de correlação. Rillig et al. (1999) observaram que valores altos de  $\text{CO}_2$  estimulavam os fungos a produzir mais glomalina. O índice de estabilidade de agregados não se correlacionou com as outras variáveis, o carbono orgânico total e a glomalina facilmente extraível (Figura 1 e Figura 2).

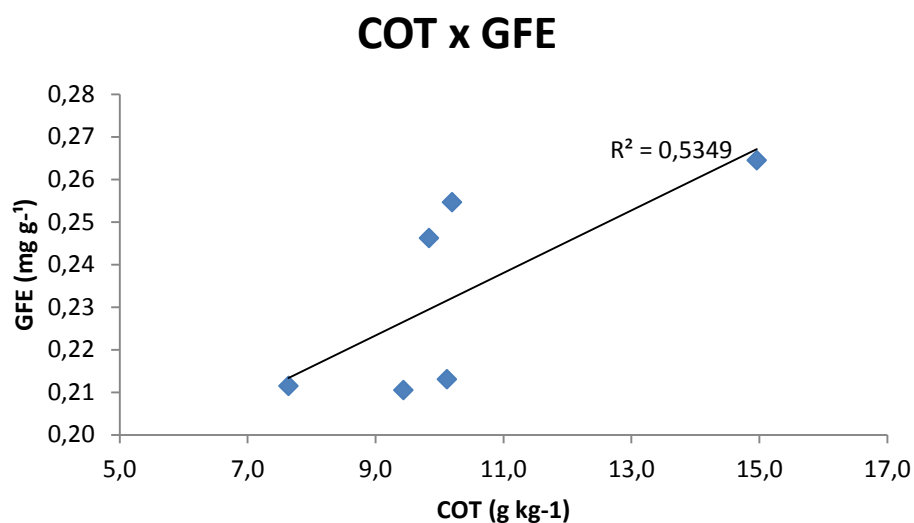


**Figura 1.** Correlação entre o Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) e o Carbono Orgânico Total (COT) em Neossolo Litólico sob vegetação de caatinga.





**Figura 2.** Correlação entre o Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) e Glomalina Facilmente Extraível (GFE) em Neossolo Litólico sob vegetação de caatinga.



**Figura 3.** Correlação entre o Carbono Orgânico Total (COT) e Glomalina Facilmente Extraível (GFE) em Neossolo Litólico sob vegetação de caatinga.

Para melhor compreensão da dinâmica das variáveis Carbono Orgânico Total, Glomalina Facilmente Extraível e Índice de Estabilidade de Agregados estudadas é necessário realizar análises no período chuvoso.

## **6. Conclusões**

Os maiores teores de carbono orgânico total foram encontrados na área sob vegetação de caatinga arbórea.

Os teores de glomalina facilmente extraível foram semelhantes nas áreas de caatinga arbórea e arbustiva.

O índice de estabilidade de agregados foi maior na área sob vegetação de caatinga arbustiva.

O carbono orgânico total correlacionou-se positivamente com a glomalina facilmente extraível, independente da cobertura vegetal.

O índice de estabilidade de agregados não se correlacionou com o carbono orgânico total, e nem com a glomalina facilmente extraível.

## Referências Bibliográficas

- ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; PETRERE, V. G. Mudanças climáticas e o Semiárido brasileiro: o papel da Embrapa Semiárido e suas ações de pesquisa. Petrolina, Embrapa Semiárido. **Série Documentos**, 223, p. 26, 2009.
- BARTO, E. K. et al. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2316-2324, 2010.
- BASTOS, R. S. et al. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n. 1, p.21-31, 2005.
- BORIE, F.; RUBIO, R.; MORALES, A. Arbuscular mycorrhizal fungi and soil aggregation. **R. C. Suelo Nutr. Veg.**, v. 8, n. 2, p. 9-18, 2008.
- CHAVES, J. C. D. & CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Inf. Agropec.**, v. 22, p. 53-60, 2001.
- CORADO NETO, F. C. et al. Variabilidade espacial dos agregados e carbono orgânico total em Neossolo Litólico Eutrófico no município de Gilbués, PI. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 75-83, jan./mar. 2015.
- EMBRAPA. Solos do Nordeste. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos**. 2014.
- FERREIRA, D. F. SISVAR®: um sistema computacional de análise estatística. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.
- GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M. C. A.; GUTIÉRREZ-CASTORENA, M. C.; WRIGHT, S. Hongos micorrízicos arbusculares en la agregación del suelo y su estabilidad. **Terra Latinoamericana**, v. 22, n. 4, octubre-diciembre, 2004, pp. 507-5014, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- LOVELOCK, C. E.; WRIGHT, S. F.; CLARK, D. A.; RUESS, R. W. Soil stocks of glomalina produced by arbuscular mycorrhizal fungal across a tropical rain forest landscape. **Journal of Ecology**, v. 92, n. 2, p. 278-287, 2004.
- NOBRE, C. P. et al. Agregação, Glomalina e Carbono Orgânico na Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. **Revista Caatinga**, vol. 28, núm. 1, jan-mar, 2015, pp. 138-147. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, Brasil.

- RILLIG, M. C.; STEINBERG, P. D. Glomalin production by arbuscular mycorrhizal fungus: a mechanism of habitat modification? **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, p. 1371-1374, 2002.
- RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; ALLEN, M. F.; FIELD, C. B. Rise in carbon dioxide changes soil structure. **Nature**, London, v. 400, p. 628, 1999.
- RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; EVINER, V. T. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalina in soil aggregation: comparing effects off five plant species. **Plant and Soil**, v. 238, n. 2, p. 325-333, 2002.
- SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TAURA, T. A.; DRUMOND, M. A. Mapeamento da desertificação do semiárido paraibano com base na sua cobertura vegetal e classes de solos. Embrapa Semiárido. **Anais XVI SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril, 2013, INPE.
- SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. Determinação da agregação do solo – Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. **Comunicado Técnico 184**. 1ª ed. Dezembro, 2012. Dourado/MS.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 113-117, 1997a.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, nº. 2, p. 313-319, abr./jun. 1997b.
- SNYDER, J. D.; TROFYMOW, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbono in plant and soil samples. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. Vol. 15, Iss. 5, 1984.
- SOUSA, C. P. et al. Influência da temperatura de armazenamento e de extratores na determinação de glomalina em solos Paraibanos. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 42, núm. 4, outubro-diciembre, 2011, pp. 837-841. Universidade Federal do Ceará. Ceará, Brasil.
- SOUSA, C. S. et al. Glomalina: características, produção, limitações e contribuição nos solos. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 33, núm. 1, 2012, p. 3033-3044. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Brasil.
- SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e Desertificação. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, jan./abr. 2015.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalina, a glicoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, The Hague, v. 198, n. 1, p.97-107, 1998.

ZONTA, J. H. et al. Circular Técnica 133: Práticas de Conservação de Solo e Água. **EMBRAPA**, Campina Grane, PB. Setembro, 2012.

## APENDICES

**Tabela 1.** Índice de estabilidade de agregados (IEA) de cada amostra, média por ponto de coleta e média de cada área.

Amostra Código	Agregados Índice	Local	Média Ponto	Média Área
P1A1	0,535	P1	0,444	
P1A2	0,349			
P1A3	0,448			
P2A1	0,449	P2	0,330	0,374
P2A2	0,320			
P2A3	0,221			
P3A1	0,301	P3	0,348	
P3A2	0,426			
P3A3	0,316			
P4A1	0,436	P4	0,507	
P4A2	0,650			
P4A3	0,435			
P5A1	0,705	P5	0,513	0,486
P5A2	0,512			
P5A3	0,321			
P6A1	0,486	P6	0,439	
P6A2	0,464			
P6A3	0,369			

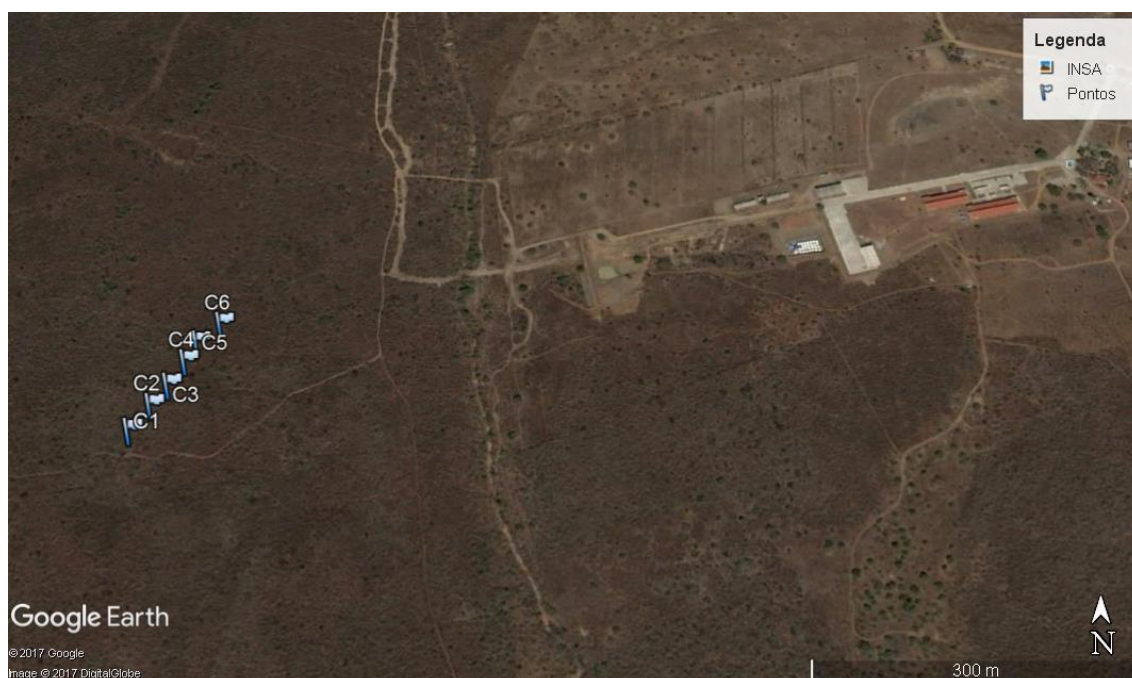
**Tabela 2.** Teores de carbono orgânico total (COT) de cada amostra, média por ponto de coleta e média de cada área.

Amostra Código	COT (g kg <sup>-1</sup> )	Local	Média	Média
P1A1	9,00	P1	10,12	11,76
P1A2	9,96			
P1A3	11,40			
P2A1	6,36	P2	10,20	
P2A2	11,28			
P2A3	12,96			
P3A1	17,16	P3	14,96	
P3A2	15,48			
P3A3	12,24			
P4A1	7,80	P4	7,64	
P4A2	6,36			
P4A3	8,76			
P5A1	11,04	P5	9,84	8,97
P5A2	9,36			
P5A3	9,12			
P6A1	8,28	P6	9,44	
P6A2	10,92			
P6A3	9,12			

**Tabela 3.** Teores de glomalina facilmente extraível (GFE) de cada amostra, média por ponto de coleta e média de cada área.

Amostra código	GFE (mg/g solo seco)	Local	Média	Média
P1A1	0,245	P1	0,218	0,244
P1A2	0,190			
P1A3	0,204			
P2A1	0,213	P2	0,255	
P2A2	0,283			
P2A3	0,268			
P3A1	0,370	P3	0,264	
P3A2	0,160			
P3A3	0,264			
P4A1	0,258	P4	0,211	
P4A2	0,172			
P4A3	0,204			
P5A1	0,272	P5	0,246	0,223
P5A2	0,258			
P5A3	0,209			
P6A1	0,207	P6	0,210	
P6A2	0,201			
P6A3	0,224			

**Figura 1.** Área de Estudo, na Fazenda Experimental do INSA (Instituto Nacional do Semiárido).



**Figura 2.** Procedimento de amostragem (coleta) do solo.





**Figura 3.** Procedimentos para determinação do Índice de Estabilidade de Agregados.



**Figura 4.** Procedimentos de extração de Glomalina Facilmente Extraível.

